

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUKSEN MONISTESARJA

Nro 21

SEDIMENTIN HAPENKULUTUS LOHJAN-
JÄRVEN ETELÄOSASSA - esitutkimus

Ulla Smolander

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUKSEN MONISTESARJA

Nro 21

SEDIMENTIN HAPENKULUTUS LOHJAN-
JÄRVEN ETELÄOSASSA - esitutkimus

Ulla Smolander

Tekijä on vastuussa julkaisun sisällöstä eikä siihen voida vedota vesi- ja ympäristöhallituksen virallisena kannanottona.

Julkaisua saa Helsingin vesi- ja ympäristöpiiristä.

ISBN 951-46-9650-6

ISSN 07-83-3288

Painopaikka: Vesi- ja ympäristöhallituksen monistamo,
Helsinki 1987.

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
1. JOHDANTO: TUTKIMUKSEN TAUSTA JA TAVOITTEET	5
2. AINEISTO	6
3. MENETELMÄT	8
3.1 Analyysit sedimentistä	8
3.2 Sekoituskokeet	10
4. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	10
4.1 Sedimentin analyysit	10
4.1.1 Tiheys, haihdutushäviö ja hehkutus- häviö	10
4.1.2 Välitön hapenkulutus (VHK)	11
4.1.3 Biologinen hapentarve (BOD ₇)	12
4.1.4 Hapenkulutus pullokokeissa (SHK)	13
4.1.5 Kokonaistyyppi ja kokonaisfosfori	18
4.2 Veden happipitoisuus	19
4.3 Sekoituskokeet	24
5. YHTEENVETO	25
KIRJALLISUUS	26

1. J O H D A N T O : TUTKIMUKSEN TAUSTA JA TAVOITTEET

Metsäliiton Kirkniemen paperitehtaan jätevedet ovat vaikuttaneet Lohjanjärven eteläosan tilaan vuodesta 1966 lähtien, jolloin tehdas aloitti toimintansa. Jätevesien vaikutus on näkynyt etenkin happipitoisuuksien alenemisena purkualueella. Kesäkuusta 1984 paperitehtaan jätevedet on puhdistettu biologisessa puhdistamossa, mikä on laskenut jätevesien orgaanisen kuormituksen ratkaisevasti aikaisempaa alhaisemmaksi. Myös vesistön happitilanteessa on näkynyt parannuksia.

Vesistön happitilanteen ja ravinnetilanteen kehittymisessä yksi epävarmuustekijä on pohjasedimentti, johon vuosien aikana on jätevesien mukana kerääntynyt happea kuluttavaa orgaanista ainesta. Sedimenttiä ei ole aikaisemmin tutkittu.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli esikoeluntoisesti selvittää sedimentin merkitystä vesistön happitilanteeseen. Työssä tarkasteltiin myös lyhyesti mahdollisen ruoppauksen vaikutusta veden laatuun. Työhön käytettävissä olleen ajan rajallisuuden vuoksi esitetyt tulokset ovat enimmäkseen yhdeltä näytteenotto-kerralta, minkä vuoksi tulokset ovat vain suuntaa-antavia.

Sedimentin hapenkulutuksen mittaamiseen ei ole olemassa mitään standardoituja menetelmiä. Tämä on otettava huomioon verrattaessa keskenään eri tutkijoiden saamia tuloksia.

2. AINEISTO

Sedimenttinäytteet otettiin 6.6.1986 kuudesta eri paikasta Lohjanjärven eteläosasta. Näytteenottopaikkojen sijainti näkyy kuvassa 1.

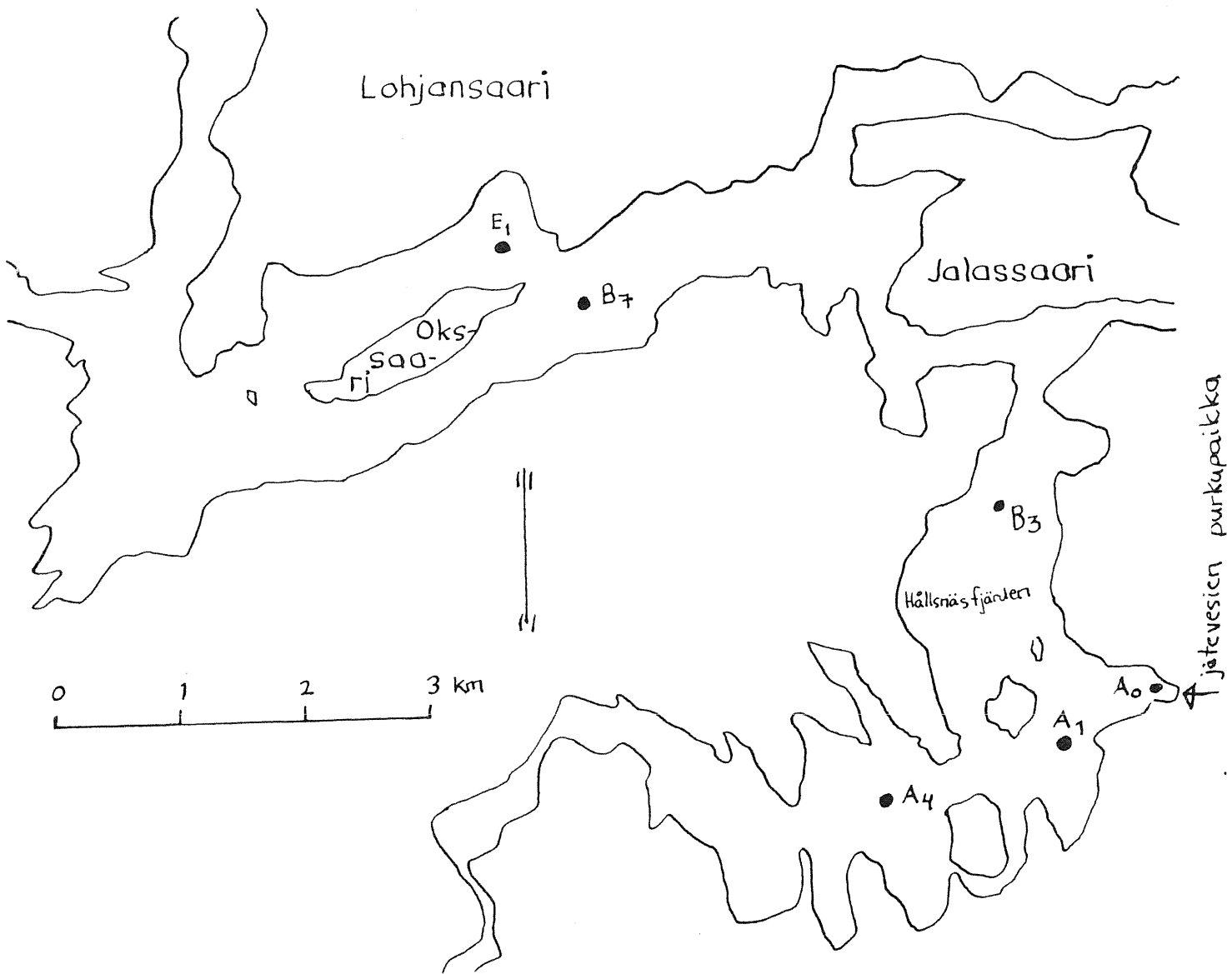
Näytteet otettiin syvänealueilta. E₁ oli vertailualue, jonka syvyyssuhteet ovat samanlaiset kuin B₇:llä, mutta johon jätevesi ei tutkimusten mukaan ole päässyt tunkeutumaan matalan kynnyksen vuoksi. Alue A₀ sijaitsi aivan Kirkniemen tehtaan jätevesien purkupaikan edessä.

Näytealueiden syvyydet olivat seuraavat:

A ₀	1	m
A ₁	8,5	m
A ₄	16	m
B ₃	17	m
B ₇	17	m
E ₁	17	m

Jätevesien on todettu kulkeutuvan purkukohdasta sekä ylä- että alajuoksulle päin (mm. Valtion teknillinen tutkimuskeskus 1985). Kulkeutuminen ja vaikutusalueen laajuus sekä vaikutusten voimakkuus ovat riippuvaisia paitsi kuormituksen suuruudesta myös vesistön virtaamatilanteesta. Virtaaman ollessa vähäinen jätevesien vaikutus korostuu viipymän pienentyessä. Lisäksi jätevedet vähäisten virtaamien aikana pääsevät pohjan kaltevuussuhteiden mukaisesti työntymään päävirtaussuunnan vastaisesti syväne syvänteeltä pohjoiseen päin. Jätevesien vaikutusalue on ajoittain ulottunut Lohjansaaren länsipuolelle asti. Voimakkainta jätevesien kulkeutuminen vastavirtaan on talvisin, jolloin tuulten sekoittava vaikutus puuttuu.

Näytteenottoajankohta edusti tilannetta, jolloin jätevedet sekoittuvat purkualueella tehokkaasti ja kulkeutuvat pääasiassa alajuoksulle päin. Yläpuolisten altaiden sedimenteissä tuorein jätevesivaikutus on siten edellistalvena syntynyttä.



Kuva 1. Näytealueiden sijainti Lohjanjärven eteläosassa.

Näytealueilta mitattiin myös veden happipitoisuus 3 kertaa aikana 6.6., 9.7. ja 8.8.

3. MENETELMÄT

Sedimenttinäytteet otettiin putkinoutimella siten, että saatiin mahdollisimman häiriintymättömiä näytteitä. Sedimenttipatsaiden päällä oleva vesi johdettiin varovasti pois mahdollisimman tarkkaan ja tutkimukseen otettiin ylin sedimenttikerros (0 - 10 cm).

3.1 Analyysit sedimentistä

sedimentistä tehtiin seuraavat fysikaalis-kemialliset analyysit:

haihdutushäviö

hehkutushäviö

kokonaistyyppi

kokoniasfosfori

biologinen hapentarve (BOD₇)

Sedimentin hapenkulutus määritettiin laboratoriossa pullokokein. Lisäksi määritettiin kentällä myös sedimentin aiheuttama välitön hapenkulutus (VHK).

Sedimentin tiheys (g/ml sedimenttiä) määritettiin punnitsemalla tietty tilavuus tuoretta sedimenttiä.

Haihdutushäviö (%) ja hehkutushäviö (%) määritettiin vesihallituksen standardoitujen ohjeiden mukaan (Vesihallitus 1976).

Sedimentin kokonaistyyppipitoisuus (mg N/g kuivattua sedimenttiä) ja kokonaisfosforipitoisuus (µg P/g kuivattua sedimenttiä) määritettiin märkäkemiallisella poltolla standardoitujen ohjeiden mukaisesti. Määrittelyyn käytettiin pakastettua sedimenttiä.

Biologinen hapentarve l. BOD₇ (g O₂/l sedimenttiä) määritettiin pakastetusta näytteestä kahdessa eri lämpötilassa (+20°C ja +4°C) standardoitujen ohjeiden mukaisesti. Alemmalla lämpötilalla pyrittiin jäljittämään talviolosuhteita. Määrittämisessä käytettiin siirrosta.

Sedimentin hapenkulutuksen l. SHK (mg O₂/l sedimenttiä/d) määrittämiseksi punnittiin 250 ml:n BOD-pulloihin tietty määrä (0,5 g, 1 g ja 5 g) sedimenttiä. Päälle lisättiin Lohjanjärven vettä, joka oli ollut ilmastumassa vuorokauden. Näytteitä inkuboitiin pimeässä n. +20°C:n lämpötilassa 7 vuorokauden ajan. Näytteiden happipitoisuus mitattiin suoraan pulloista BOD-elektrodilla. Mittaus tehtiin päivittäin, paitsi kokeen alussa, jolloin happi mitattiin seuraavan kerran 2 vuorokauden kuluttua kokeen aloittamisesta.

Tarvittavan sedimentin määrä, näytepullojen koko ja koejärjestelyn tapa pääteltiin tehtyjen esikokeiden perusteella. 250 ml:n BOD-pullot tuntuivat tähän työhön kaikkein sopivimmilta, koska niitä varten oli olemassa nopea ja tarkka mittausmenetelmä happipitoisuuden seuraamiseksi. Mittaus voitiin tehdä päivittäin ilman että näytepulloista syrjäytyi vettä. Suurempia pulloja käytettäessä mittauksen tarkkuus BOD-elektrodilla olisi kärsinyt - tämä todettiin esikokeiden aikana.

Sedimentin aiheuttama välitön hapenkulutus l. VHK määritettiin kentällä. Sedimenttiä otettiin pipetillä 2 ml vedellä täytettyyn happipulloon ja ravistettiin hetken voimakkaasti. Näyte sakattiin 2 minuutin kuluttua ja happi titrattiin myöhemmin laboratoriossa. VHK-arvo (g O₂/l sedimenttiä) määritettiin vastaavalta syvyydeltä otetun puhtaan vesinäytteen ja sedimentin kanssa ravistellun veden happipitoisuuksien erotuksena ottamalla huomioon sedimentin määrästä ja happipullon tilavuudesta johtuva kerroin.

3.2 Sekoituskokeet

Alueiden A₀ ja A₁ sedimentistä tehtiin ns. sekoituskokeet mahdollisen ruoppauksen vaikutuksen selvittämiseksi. Nämä alueet sijaitsivat lahdessa, johon jätevesiä on johdettu vuodesta 1966 lähtien (ks. kuva 1). Lahti on tällä hetkellä liettynyt purkualueen suulta lähes umpeen. Lahden ruoppausta ovat esittäneet mm. alueella toimivat ympäristöyhdistykset. Viranomaiset ovat suhtautuneet ruoppaukseen varovasti, koska sedimentin liikkeelle lähdöstä voisi aiheutua enemmän haittavaikutuksia kuin hyötyä. Tämän työn yhteydessä tehdyt kokeet olivat melko suurpiirteisiä. Niiden toivottiin kuitenkin antavan jonkinlaisia suuntaviivoja ruoppauksen vaikutuksen arvioimiseksi.

Näytevedeksi kelpuutettiin Tuusulanjärven vesi, koska kokeen tuloksen kannalta oli olennaista vain ruoppauksen aiheuttama vedenlaadun muutos. 0,5 l:aan vettä lisättiin 20 g pakastettua sedimenttiä ja ravisteltiin hetki voimakkaasti. Näyte sentrifugoitiin ja vedestä määritettiin kokonaistyyppi ($\mu\text{g/l}$), kokonaisfosfori ($\mu\text{g/l}$) ja BOD₇ (mg/l). Ravistelun aiheuttama ravinnelisäys (ja BOD₇-lisäys) määritettiin sedimentin kanssa ravistellun veden ja "puhtaan" veden erotuksena. Tässä on huomiotava se, että ravistelun veteen aiheuttama ravinnelisäys oli ilmeisesti suurempi käytettäessä pakastettua sedimenttiä kuin jos olisi käytetty tuoretta sedimenttiä. Tämä johtuu siitä, että pakastaminen rikkoo soluseinämiä ja tällöin solunsisäiset ravinteet vapautuvat veteen.

4. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

4.1 Sedimentin analyysit

4.1.1 Tiheys, haihdutushäviö ja hehkutushäviö

Sedimentin tiheys-, haihdutus- ja hehkutushäviötuloksista erottui selvästi alue A₀ tehtaan purkuputken suulla (ks. taulukko 1).

Taulukko 1. Sedimentin tiheys, haihdutushäviö ja hehkutushäviö.

Näytealue	Tiheys g/ml	Haihdutus- häviö %	Hehkutushäviö kuivapainosta %
A ₀	1,0	83	32
A ₁	1,1	77	13
A ₄	1,1	79	12
B ₃	1,1	76	9
B ₇	1,1	72	7
E ₁	1,1	76	8

Hehkutushäviöprosentti oli suurin purkualueella (alue A₀). Samaten myös haihdutushäviö oli suurin täällä alueella. Purkualueen sedimentti oli löysäköö, kuitupitoista sedimenttiä, jossa orgaanisen aineen pitoisuus oli suuri.

Muilla näytealueilla sedimentit eivät silmämääräisesti erottuneet toisistaan. Ylimpänä oli 1 - 2 cm:n paksuinen vaaleampi löyhä kerros. Alempana oli liejua n. 10 cm ja sen alla savea. Analyysituloksissa alueiden A₁ ja A₄ sedimenteissä orgaanisen aineen pitoisuudet olivat hehkutushäviön perusteella arvioituna hieman muita alueita korkeammat (ks. taulukko 1). Alueet sijaitsevat lähimpänä purkualueesta, joten erot muihin alueisiin verrattuna johtuivat jätevesistä.

4.1.2 Välitön hapenkulutus (VHK)

Välitön hapenkulutus kuvaa pelkistyneiden aineiden osuutta sedimentissä. Jos sedimentissä on paljon sinne vastikään vajonnutta orgaanista ainetta, niin VHK-arvotkin ovat pieniä (orgaaninen aines on yleensä hitaasti hajoavaa).

Tutkiessaan sedimentin aiheuttamaa välitöntä hapenkulutusta Kajaaninjoella (Åkerla 1984) sai arvoja 0,1 - 1 g O₂/l sedimenttiä. Hapenkulutus oli hänen tekemissään kokeissa pienimmillään paljon orgaanista ainetta sisältävissä näytteissä.

Lohjanjärvestä saadut tulokset olivat samansuuntaisia: tulosten suuruusluokka oli sama (0,09 - 0,41 g O₂/l) ja välitön

hapenkulutus oli näissäkin kokeissa pienimmillään paljon orgaanista ainetta sisältävissä näytteissä (alue A₀ Kirkniemen tehtaan purkupaikan edustalla, ks. taulukko 2). Alue A₀ ei yleensä kerrostu, joten se on päänlyysvesialuetta eikä pääse pitkäksi aikaa hapettomaksi. Tästä johtuen myöskään pelkistyneitä yhdisteitä ei muodostu.

Taulukko 2. Sedimentin välitön hapenkulutus (VHK).

Näytealue	VHK g O ₂ /l sedimenttiä
A ₀	0,09
A ₁	0,24
A ₄	0,41
B ₃	0,27
B ₇	0,20
E ₁	0,36

Alueiden E₁ ja A₄ VHK-tulokset olivat suurimmat. Nämäkin tulokset olivat melko pieniä verrattuna Åkerlan (1984) saamiin tuloksiin. Alueet E₁ ja A₄ olivatkin puhtaimmat, sillä jätevesi ei kulkeudu talvisin E₁:een pohjassa olevan kynnyksen vuoksi eikä juuri myöskään A₄:ään.

Se, mitä jätevesien kulkeutumisesta jo ennestäänkin tiedettiin voitiin siis nähdä myös VHK-tuloksissa. Kaiken kaikkiaan saadut VHK-arvot olivat melko pieniä ja tämän perusteella voitaisiin päätellä, että pohjat ovat melko hyväkuntoisia syvänealueilla. Tässä täytyy kuitenkin ottaa huomioon myös analyysin rajoitukset: sedimentti pääsi nimittäin jonkin verran hapettumaan näytteenoton yhteydessä ja tulokset ovat ehkä todellisuudessa tässä todettua korkeammat.

4.1.3 Biologinen hapentarve (BOD₇)

Sedimentin biologinen hapentarve (BOD₇) kuvaa helposti hajotettavissa olevan orgaanisen aineen määrää sedimentissä.

BOD₇ vaihteli välillä 1,0 - 2,9 g O₂/l sedimenttiä lämpötilassa +20°C. Lämpötilassa +4°C BOD₇ oli 0,8 - 1,7 g O₂/l sedimenttiä

(ks. taulukko 3). Esim. Åkerla (1984) on saanut sedimentin BOD₇-arvoiksi (+20°C) 0,2 - 39 g O₂/l sedimenttiä.

Taulukko 3. Sedimentin biologinen hapentarve kahdessa eri lämpötilassa.

Näytealue	BOD ₇	BOD ₇
	g O ₂ /l sedimenttiä +20°C	g O ₂ /l sedimenttiä +4°C
A ₀	2,9	1,7
A ₁	1,7	1,3
A ₄	1,4	0,8
B ₃	1,1	0,8
B ₇	1,0	0,7
E ₁	1,2	1,0

Alueen A₀ biologinen hapentarve oli suurin kummassakin lämpötilassa. Muutoin eri alueiden välillä ei havaittu selviä johdonmukaisia eroja.

Lämpötilalla oli vaikutusta sedimentin biologiseen hapenkulutukseen. Alhaisessa lämpötilassa hapenkulutus oli pienempi, mutta erot olivat kuitenkin yllättävän pieniä. Myös esim. Graneli (1978) ja Uchrin ja Ahlert (1985) ovat havainneet lämpötilan vaikuttavan sedimentin hapenkulutukseen.

4.1.4 Hapenkulutus pullokokeissa (SHK)

Jokaisesta laimennoksesta oli pullokokeissa 2 rinnakkaisnäytettä ja näistä laskettiin keskiarvo (Rinnakkaisnäytteiden välinen hajonta oli pieni). Lopuksi laskettiin eri laimennosten hapenkulutuksen perusteella saatu keskiarvo. Sedimentin hapenkulutus päättyi pullokokeissa yhtä poikkeusta lukuun ottamatta 4 vrk:n kuluttua kokeen aloittamisesta. Tämän vuoksi tulokset on laskettu 4 vrk:n hapenkulutuksen perusteella olettaen kulutuksen olevan tasaista. Alueen A₀ sedimentin hapenkulutus oli niin voimakasta, että happi loppui eräästä näytepullosta jo 2 vrk:n kuluttua kokeen aloittamisesta. Tulokset ilmoitettiin hapenkulutuksena sedimentin tuorepainoa kohden vuorokaudessa (ks. taulukko 4).

Taulukko 4. Sedimentin hapenkulutus pullokokeissa.

Näytealue	Hapenkulutus mg O ₂ /g/d
A ₀	0,31
A ₁	0,21
A ₄	0,13
B ₃	0,18
B ₇	0,17
E ₁	0,16

Åkerla (1984) on saanut tekemissään pullokokeissa sedimentin hapenkulutukselle Kajaaninjoella arvoja 0 - 0,4 mg O₂/g/d. Lohjanjärvestä saadut tulokset vaihtelivat välillä 0,13 - 0,31 mg O₂/g/d ja olivat siis samaa suuruusluokkaa kuin Åkerlan saamat tulokset.

Alueen A₀ hapenkulutus oli suurin. Tämä olikin täysin odotettu tulos, sillä kyseisen näytteenottokohdan sedimentissä oli paljon hajoavaa orgaanista ainesta (ks. myös kappaleet 4.1.1 ja 4.1.2).

Alueen A₄ hapenkulutus taas oli pienin. Myös tämä oli odotettu tulos sen perusteella mitä tiedetään jätevesien kulkeutumisesta alueella. Jätevedet kulkeutuvat nimittäin talvisin pohjaa myöten pääsääntöisesti pohjoiseen siten, että alue A₄ jää melko puhtaaksi. Kesäaikana jätevesi sekoittuu paremmin koko vesimassaan ja kulkeutuu siten myös alajuoksulle päin, mutta tämä ei joudu niin helposti sedimentteihin kuin talvella pohjaa myöten kulkeutuva jätevesi.

Muutoin sedimentin hapenkulutus pieneni lähes johdonmukaisesti kun tarkastellaan näytteenottoehtien etäisyyttä jätevesien purkupaikasta (A₀, A₁, B₃, B₇, E₁, ks. kuva 1). Jopa verrattessa alueita E₁ - B₇ (jossa E₁ on syvyyssuhteiltaan sama kuin B₇, mutta alueita erottaa kynnys) oli alueen E₁ hapenkulutus hivenen pienempi kuin alueen B₇.

Saadut tulokset ovat siis varsin johdonmukaisia ja kuvaavat jätevesien vaikutusta sedimenteissä. Näiden kokeiden perusteella näyttäisi siltä, että sedimentin merkitys vesistön happi-tilanteeseen on kuitenkin aivan purkualuetta lukuun ottamatta suhteellisen vähäinen (ks. taulukko 4. - erot eri alueiden välillä pieniä lukuun ottamatta aluetta A₀).

Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys on tehnyt vuonna 1984 Lohjanjärven eteläosassa pohjaeläintutkimuksen (Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry. 1984). Pohjaeläimistöön reagoi herkästi veden laadun hetkellisiin ja paikallisiin muutoksiin. Jätevesien vaikutusalueella alhainen happipitoisuus etenkin kerrostuneisuuskausilla oli karsinut lajimäärää ja pienentänyt pohjaeläintuotantoa. Esim. lähellä Kirkniemen tehtaiden purkualuetta sijaitsevassa näytteenottokohdassa pohjan tilassa oli kuitenkin havaittavissa lievää parantumista verrattuna vuoteen 1983, jolloin pohjaeläimistö 8 metrin syvyydessä oli lähes tuhoutunut (Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys ry. 1984).

Sedimentin hapenkulutus laskettiin myös pinta-alayksikköä kohden (ks. taulukko 5). Tulokset on laskettu 2 vrk:n hapenkulutuksen perusteella laimennoksesta 5 g -> 250 ml. Perusteluna tälle menettelylle olivat seuraavat seikat:

- laimennoksesta 5 g -> 250 ml muodostui pullon pohjalle n. senttimetrin paksuinen sedimenttikerros (pienemmillä laimennoksilla kerrosta ei muodostunut)
- kahden ensimmäisen koevuorokauden ajan sedimentin pinta oli häiriintymätön.

Taulukko 5. Sedimentin hapenkulutus pinta-alayksikköä kohden.

Näytealue	Hapenkulutus g O ₂ /m ² /d
A ₀	0,25
A ₁	0,15
A ₄	0,14
B ₃	0,16
B ₇	0,15
E ₁	0,17

Hapenkulutus vaihteli välillä 0,14 - 0,25 g O₂/m²/d. Alueen A₀ hapenkulutus erottui tässäkin suurimpana. Samaten alueen A₄ hapenkulutus oli pienin. Tulosten suuruusluokkaa vastasi jota-kuinkin Åkerlan (1984) ja Krogeruksen (1981) saamia tuloksia (Åkerla: 0,23 - 2,03 g O₂/m²/d, Krogerus: 0,15 - 0,56 g O₂/m²/d). Tässä on kuitenkin otettava huomioon se, että koejärjestely oli tässä työssä varsin erilainen. Krogeruksen (1981) työssä käytettiin hapenkulutuksen mittaamiseen pleksiputkissa olevia n. 20 cm:n paksuisia mahdollisimman häiriintymättömiä sedimenttipatsaita ja Åkerlan työssä 30 cm:n paksuisia häiriintymättömiä sedimenttipatsaita. Muutoinkin tässä saatuja sedimentin pinta-alayksikköä kohden laskettuja tuloksia voidaan pitää vain jonkinlaisia karkeita suuntaviivoja antavina, sillä todennäköisesti luonnossa hapen kuluttamiseen osallistuu paksumpi sedimenttikerros kuin tässä työssä käytetty.

Taulukossa 6 on verrattu sedimentin biologista hapentarvetta sedimentin hapenkulutukseen pullokokeissa. BOD₇ on taulukossa muutettu hapenkulutukseksi vuorokautta kohti.

Taulukko 6. Sedimentin BOD (+20°C) verrattuna sedimentin hapenkulutukseen pullokokeissa.

Näytealue	BOD (+ 20°C) vuorokaudessa	Sedimentin hapenkulutus pullokokeissa
	mg O ₂ /g sedimenttiä	mg O ₂ /g sedimenttiä
A ₀	0,41	0,31
A ₁	0,24	0,21
A ₄	0,20	0,13
B ₃	0,16	0,18
B ₇	0,14	0,17
E ₁	0,17	0,16

Biologisen ja kemiallisen hapenkulutuksen erottaminen toisistaan on vaikeaa. Yleensä koejärjestely tehdään siten, että osasta näytteitä lopetetaan biologinen toiminta lisäämällä niihin natriumatsidia (Na N₃). Tällöin jää jäljelle ainoastaan kemiallinen hapenkulutus. Biologinen hapenkulutus on tällöin

kokonaishapenkulutuksen ja myrkytetyn systeemin hapenkulutuksen erotus. Tämän työn yhteydessä ei näytteitä käsitelty natriumatsidilla kemiallisen ja biologisen hapenkulutuksen erottamiseksi.

Huom! BOD₇-määrittäminen, jota tässäkin työssä käytettiin, on siis eri asia kuin edellä kuvattu menetelmä biologisen hapenkulutuksen määrittämiseksi.

Orgaanisen aineen hajotessa sedimentissä anaerobisesti syntyy pelkistyneitä yhdisteitä, jotka hapettuvat joutuessaan kosketuksiin hapen kanssa. Niiden aiheuttamaa hapenkulutusta kutsutaan kemialliseksi hapenkulutukseksi erotuksena suoraan happea kuluttavasta biologisesta toiminnasta. Ennen kokeen alkua sedimentti joutui näytteitä käsiteltäessä tekemisiin ilman kanssa ja tällöin sedimentin pelkistyneet yhdisteet hapettuivat. Saadut hapenkulutustulokset kuvaavat ilmeisesti näin ollen etupäässä sedimentin biologista hapenkulutusta. Tämä oletus on yhtäpitävä myös sen kanssa, että hapenkulutus- ja BOD-tulokset olivat samaa suuruusluokkaa (ks. taulukko 6). Myös Åkerlan (1984) tekemissä samantapaisissa pullokoikeissa sedimentin hapenkulutus oli pääosin biologista.

Jotta saataisiin mahdollisimman totuudenmukainen kuva sedimentin tapahtumista täytyisi koejärjestely tehdä mahdollisimman häiriintymättömillä sedimenttinäytteillä.

4.1.5 Kokonaistyyppi ja kokonaisfosfori

Taulukossa 7 on esitetty sedimentin kokonaistyyppipitoisuudet mg N/g kuivattua sedimenttiä.

Taulukko 7. Sedimentin kokonais-
typpipitoisuudet eri
näytealueilla.

Näytealue	mg N/g
A ₀	85
A ₁	46
A ₄	45
B ₃	36
B ₇	26
E ₁	33

Sedimentin kokonaistyyppipitoisuus vaihteli välillä 26 - 85 mg N/g. Alueen A₀ pitoisuus oli huomattavasti suurempi kuin muiden näytteenottopaikkojen. Muutoin eri näytteenottopaikkojen pitoisuuksien välillä ei havaittu selviä johdonmukaisia eroja.

Tässä tutkimuksessa havaitut kokonaistyyppipitoisuudet olivat suurempia kuin eräissä suomalaisissa sedimenttitutkimuksissa saadut tulokset (Salonen 1978, Åkerla 1984). Sen sijaan esim. Graneli (1978) on havainnut suuruusluokaltaan vastaavia sedimentin kokonaistyyppipitoisuuksia eräissä ruotsalaisissa järvissä. Lohjanjärven sedimentistä saatujen tulosten suuruusluokka näyttää oikealta myös veden N/P-suhteen perusteella (veden N/P-suhde n. 32/1, sedimentin N/P-suhde keskimäärin 40/1).

Sedimentin kokonaisfosforipitoisuudet vaihtelivat välillä 979 - 1362 µg P/g kuivattua sedimenttiä (ks. taulukko 8).

Taulukko 8. Sedimentin kokonaisfosforipitoisuudet eri näytealueilla.

Näytealue	$\mu\text{g P/g}$
A ₀	1 362
A ₁	1 072
A ₄	1 127
B ₃	1 018
B ₇	1 086
E ₁	979

Myös kokonaisfosforipitoisuus oli suurin alueella A₀ jätevesien purkupaikan edustalla. Pitoisuus oli pienin havaintopaikassa E₁, joka oli puhdas vertailualue. Muutoin eri alueiden välillä ei ollut selviä johdonmukaisia eroja.

Tulosten perusteella jätevedet ovat lisänneet sedimentin fosforipitoisuutta, mutta lisäys ei ole kovin suuri. Tässä saatujen tulosten suuruusluokka oli sama kuin esim. Åkerlan (1984) saamien tulosten.

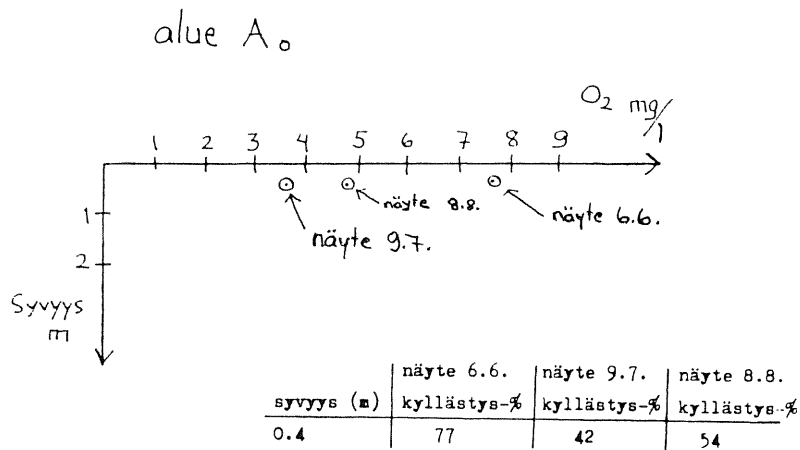
4.2 Veden happipitoisuus

Happinäytteet otettiin 6.6., 9.7. ja 8.8. Kuvat 2 - 7 esittävät happitilanteen kehittymistä järvessä kesän kuluessa.

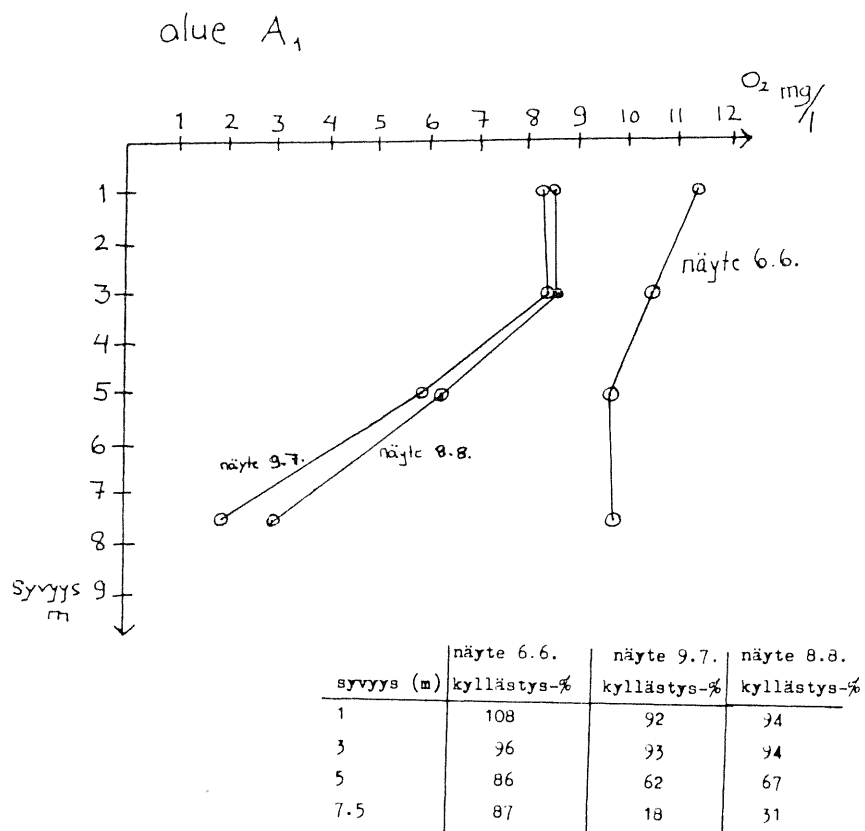
Heinäkuun alussa happitilanne oli järvessä vielä hyvä - hapetonta ei ollut missään tutkituissa näytteenottopaikoissa. Alueella B₃ hapen kyllästysprosentti oli kohonnut 1 - 5 m:n vesipatsaassa. Tämä johtui ilmeisesti kohonneesta perustuotannosta.

Vielä elokuun alussakaan ei missään tutkituissa havaintopaikoissa ollut hapetonta. Eräissä havaintopaikoissa (A₀, A₁) hapen kyllästysprosentti oli hieman kohonnut verrattuna heinäkuuhun.

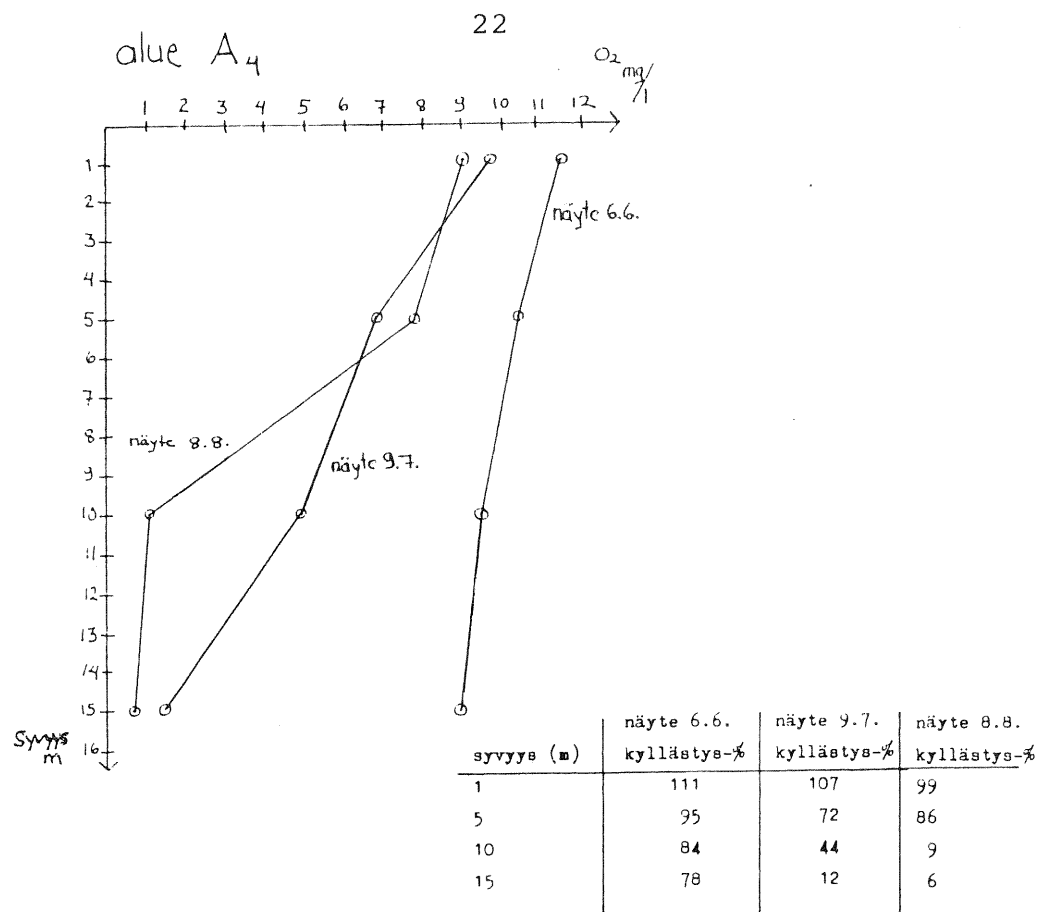
Eri alueiden välillä ei ollut huomattavia eroja veden happipitoisuuden kehityksessä. Happitilanteen kehitys muistutti hyvin paljon aikaisempien vuosien kehitystä eri alueilla. Havaintoalueelle B₃ oli sijoitettu ilmastin 24.7.1986. Sen vaikutusta happitilanteeseen ei vielä voitu havaita elokuun alun näytteenottokerralla.



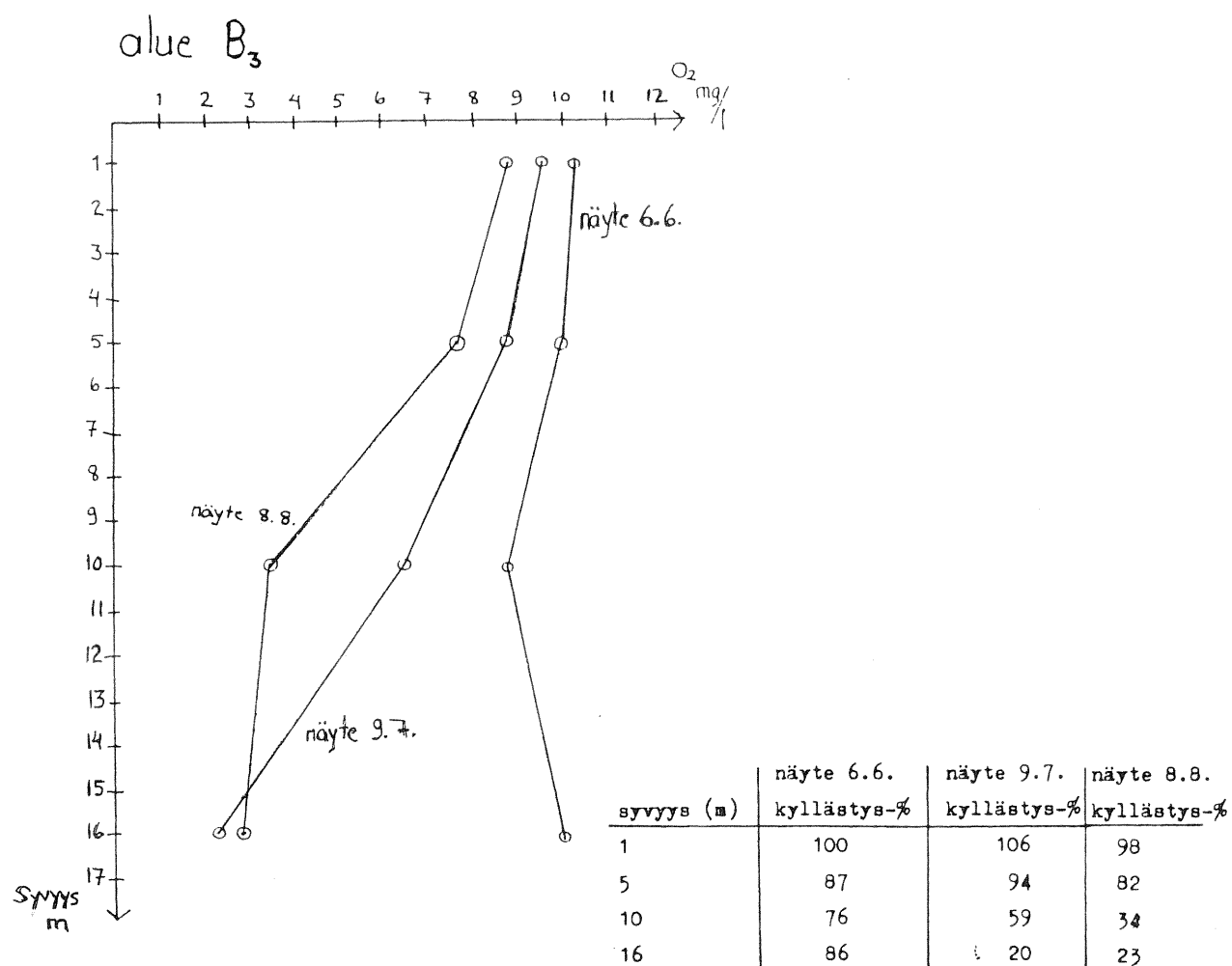
KUVA 2. Alue A₀: happitilanteen kehitys kesän aikana



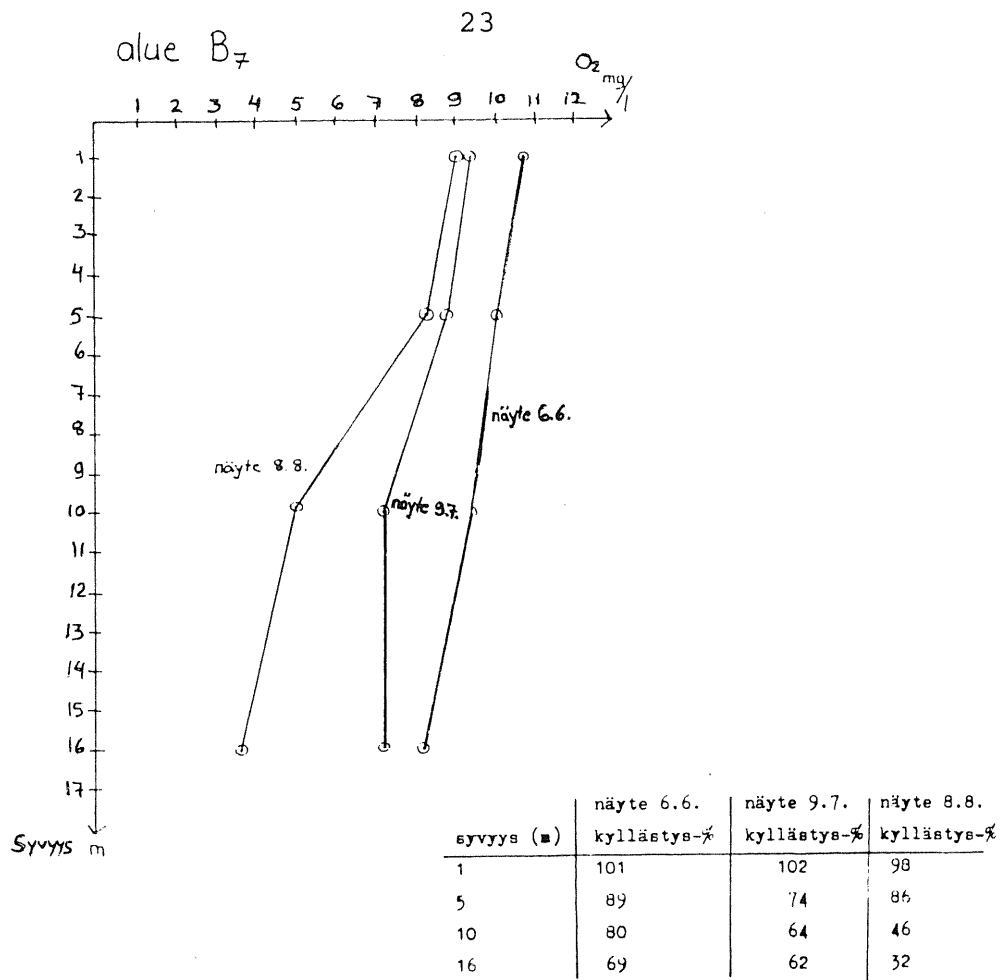
KUVA 3. Alue A₁: happitilanteen kehitys kesän aikana



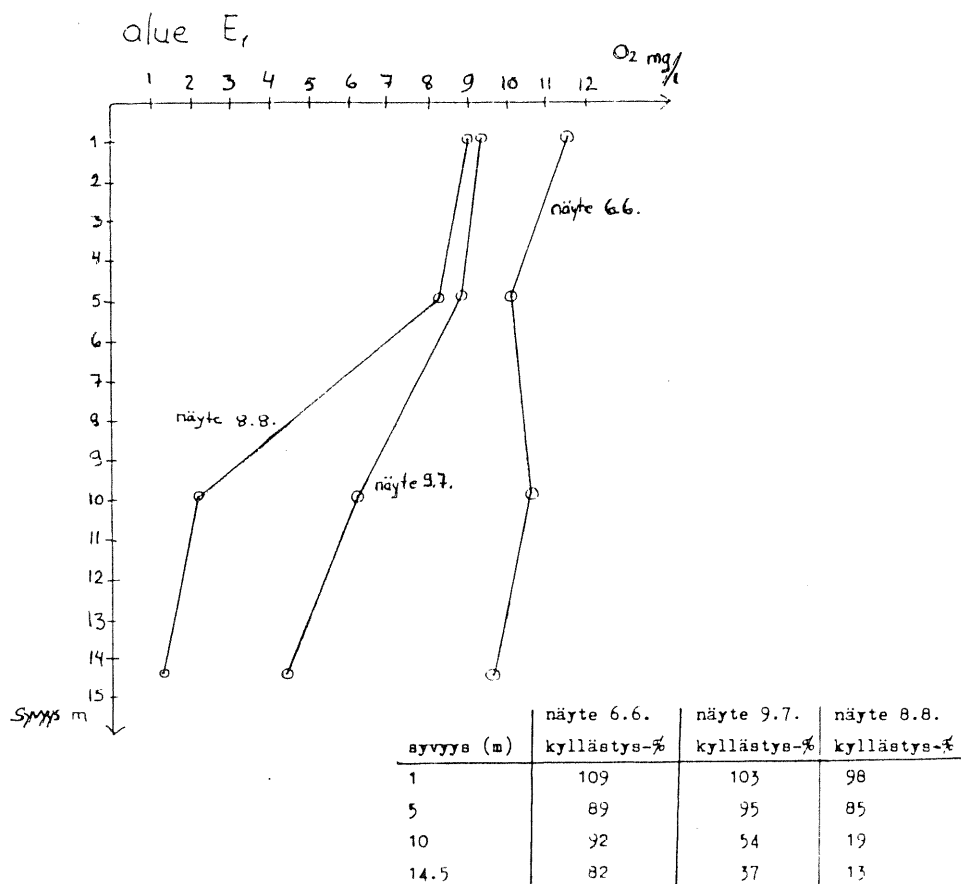
KUVA 4. Alue A₄: happitilanteen kehitys kesän aikana



KUVA 5. Alue B₃: happitilanteen kehitys kesän aikana



KUVA 6. Alue B₇: happitilanteen kehitys kesän aikana



KUVA 7. Alue E₁: happitilanteen kehitys kesän aikana

4.3 Sekoituskokeet

Taulukko 9 esittää veden ravinnelisäystä ja BOD-lisäystä ravistelun seurauksena.

Taulukko 9. Ravistelun vaikutus veden kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuuksiin sekä BOD₇-arvoihin.

Alue A ₀		Ennen ravistelua	Jälkeen ravistelun	Pitoisuuden kasvu ravistelun seurauksena
kok.P	µg/l	45	780	17-kertaiseksi
kok.N	µg/l	1 200	4 700	4 -kertaiseksi
BOD ₇	mg/l	4,7	10,9	BOD-muutos n. 2-kertainen
Alue A ₁		Ennen ravistelua	Jälkeen ravistelun	Pitoisuuden kasvu ravistelun seurauksena
kok.P	µg/l	45	296	7 -kertaiseksi
kok.N	µg/l	1 200	3 500	3 -kertaiseksi
BOD ₇	mg/l	4,7	7,5	BOD-muutos n. 1,5-kertainen

Kokonaisfosforipitoisuus kohosi ravistelun seurauksena jopa 17-kertaiseksi ja typpipitoisuus 4-kertaiseksi. Ravinnepitoisuuksien muutos oli suurempi alueen A₀ sedimentillä kuin alueen A₁ sedimentillä tehdyssä kokeessa. Alue A₀ sijaitsee aivan purkuputken suulla. Sedimentaatio tällä alueella on ollut nopeaa aikana, jolloin tehdas on ollut toiminnassa.

Samoin veden BOD₇-arvot nousivat ravistelun seurauksena (1,5 - 2-kertaisiksi (ks. taulukko 9). Ravistelun jälkeen veden BOD₇ oli samaa luokkaa kuin puhdistamolta lähtevän hyvin puhdistetun jäteveden.

On vaikea arvioida sitä miten hyvin tällainen laboratoriossa tehty ravistelukoe vastaa sitä mitä ruoppauksen yhteydessä tapahtuu. Joitakin suuntaviivoja se kuitenkin antaa - ainakin sen, että ruopatulla alueella varsinkin kokonaisfosforipitoisuudet tulevat nousemaan. Jos ruoppaus siten tehdään, tulisi huolehtia siitä, ettei sedimenttiä pääse liettymään veteen eikä leviämään ruopattavalta alueelta laajemmalle vesialueelle.

5. YHTEENVETO

Sedimentin hapenkulutusta tutkittiin Lohjanjärven eteläosassa kesän 1986 aikana. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää sedimentin tilaa purkualueella.

Hapenkulutus määritettiin laboratoriossa pullokokein. Hapenkulutus vaihteli välillä 0,13 - 0,31 mg O₂/g/d eri havaintopaikoilla ja hapenkulutus oli suurin aivan tehtaan purkupaikan edustalla.

Sedimenttinäytteistä tehtiin myös seuraavat määritykset: haihdutushäviö, hehkutushäviö, kokonaistyyppi, kokonaisfosfori, biologinen hapentarve (BOD₇) sekä kenttäkokeena välitön hapenkulutus. Lohjanjärven vedestä mitattiin happipitoisuus 3 kertaa kesän aikana.

Laboratoriossa tehdyllä ravistelukokeella tutkittiin ruoppauksen vaikutusta veden kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuuksiin sekä BOD-arvoon. Ainakin kokonaisfosforipitoisuudet ilmeisesti nousevat ruoppauksen seurauksena.

Alue, joka sijaitsee jätevesien purkupaikan edustalla, erotui erillisenä muista lähes kaikissa tehdyissä analyysissä. Muilta osin sedimenttien laadussa ei ollut suuria eroja.

Hapenkulutuskokeissa oli nähtävissä eri alueiden väliset erot. Aivan purkualuetta lukuun ottamatta erot olivat vähäisiä. Sedimentin hapenkulutuksen absoluuttisiin arvoihin ei sen sijaan ole mahdollista päästä tämänlaatuisin laboratoriokokein.

Näiden alustavien kokeiden perusteella näyttäisi siltä, että purkualuetta lukuun ottamatta syvänteisiin ei ole kertynyt jätevesistä peräisin olevia aineksia, jotka merkittävästi vaikuttaisivat vesistön happitilanteeseen.

KIRJALLISUUS

- GRANELI, W. 1978. Sediment oxygen uptake in South Swedish lakes. Oikos 30: 7-16.
- KROGERUS, K. 1981. Valkeakosken alapuolisen vesistönosan sedimentin hapenkulutus talvella 1981. Vesihallituksen julkaisuja 1981: 93.
- LÄNSI-UUDENMAAN VESIENSUOJELUYHDISTYS ry. 1984. IIRIS KALLIOLA. Lohjanjärven eteläosan pohjaeläintutkimus 1984.
- ÅKERLA, H. 1984. Sedimentin koostumus ja hapenkulutus Kajaaninjoella sulfiittiselluloosatehtaan alapuolella. Vesihallituksen julkaisuja 1984: 225.
- SALONEN, S. 1978. Sedimentin tila ja vaikutus veteen Äänekosken ja Vaajakosken välisellä vesireitillä. Vesihallituksen tiedotus 157.
- UCHRIN, C.G. & AHLERT, W.K. 1983. In situ sediment oxygen demand determinations in the Passaic River (NJ) during the late summer/early fall 1983. Water Res. 19(9): 1141-1144.
- VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS 1985. Jäteveden talvinen kulkeutuminen ja vaikutus happitilanteeseen Lohjanjärven eteläosassa. Alustava raportti. 12 ss.
- VESIHALLITUS 1976. Sedimenttien määrittämenetelmiä. Moniste. 8 ss.

